

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ У ПЕРЕТВОРЮВАЧІ З ВОСЬМИЗОННИМ РЕГУЛЮВАННЯМ НАПРУГИ

Михайленко В.В., доц., Сапегін А.П., доц., Петрученко О.В., ст. викл.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра теоретичної електротехніки

Чарняк О.С, студентка

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

**Вступ.** У зв'язку з широким використанням напівпровідникових комутаторів у електричних колах сучасних перетворювачів параметрів електроенергії значно ускладнюються задачі аналізу електромагнітних процесів. Найбільші ускладнення виникають при необхідності моделювання усталених і перехідних процесів у розгалужених колах змінної структури, в ланках з реактивними елементами якої виникають синусоїдні, постійні та імпульсні напруги. У роботах [1, 2] показана доцільність використання структур перетворювачів частоти (ПЧ) з однократною модуляцією при побудові систем вторинного електропостачання для комплексів діагностики електромеханічних пристроїв. У даній роботі проводиться аналіз перетворювачів із широтно-імпульсним регулюванням (ШІР) при восьмизонному керуванні.

**Метою роботи** є розвиток методу багатопараметричних функцій у електричних колах з напівпровідниковими перетворювачами з використання пакету MATCAD.

**Матеріали і результати досліджень.** Структурна схема напівпровідникового перетворювача (НПП) показана на рисунку 1. На структурній схемі позначені: СМА, СМВ, СМС – силові модулятори (СМ) фазних напруг  $A$ ,  $B$  і  $C$  відповідно, ВВ – високочастотний випрямляч, Н – навантаження. Кожен СМ має в своєму складі випрямляч (В),  $N$  інверторів випрямленої напруги (ІВН),  $N$  трансформаторів (Т).

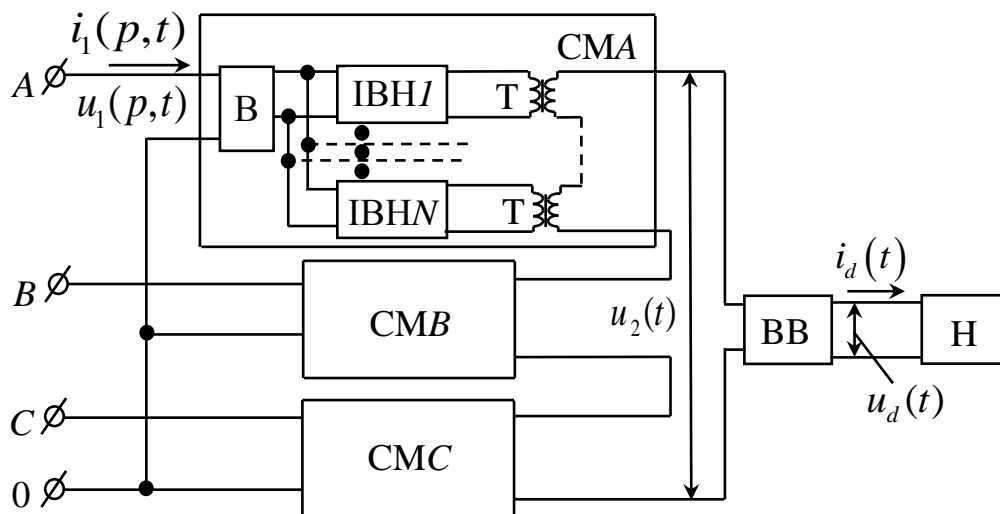


Рисунок 1 – Структурна схема перетворювача

У роботі використано метод багатопараметричних модулюючих функцій [1] і прийняті такі припущення: вхідна напруга симетрична і її внутрішній опір дорівнює нулю, транзистори і діоди ІВН є ідеальними ключами, трансформатори не мають втрат. В СМ здійснюється розгалужена модуляція миттєвих значень попередньо випрямлених фазних напруг  $u_1(p, t)$ , частоти  $\omega_1$ , трифазної енергетичної мережі відповідними еквівалентними модулюючими впливами  $\psi(p, N, t)$ , частоти  $\omega_2$ .

Вихідну напругу НПП знаходимо з виразу виду [2]:

$$u_2(t) = \frac{1}{k_T} \sum_{n=1}^8 \sum_{p=1}^3 u_1(p, t) \phi(p, t) \psi(n, N, t) \quad (1)$$

де:  $p = 1, 2, 3$  – номери фазних проводів мережі;  $k_T$  – коефіцієнт трансформації трансформатора;  $n = 1, 2, 3, \dots, N=8$  – номери зон регулювання;  $\phi(p, t)$  – функції прямокутного сіноса, співпадаючі з положенням фазних напруг мережі;  $u_1(p, t)$  – миттєві значення вхідної напруги.

Визначаємо напругу навантаження  $u_d(t)$ :

$$u_d(t) = \frac{1}{k_T} \sum_{n=1}^8 \sum_{p=1}^3 u_1(p, t) \phi(p, t) \psi(n, N, t) v(t) \quad (2)$$

де:  $v(t)$  – функція прямокутного сіноса, співпадаюча з положенням вхідної напруги ВВ.

Струм на навантаженні перетворювача знайдемо, як реакцію одноконтурного RL-ланцюга на дію напруги  $u_d(t)$

$$u_d(t) = \frac{1}{k_T} \sum_{n=1}^8 \sum_{p=1}^3 u_1(p, t) \phi(p, t) \psi(n, N, t) v(t) \quad (3)$$

де:  $R$  і  $L$  – відповідно активний опір і індуктивність навантаження.

Рішення (3) відносно струму навантаження визначимо числовим методом за допомогою функції `odesolve` математичного процесора `MATNCAD`

$$u_d(t) = \frac{1}{k_T} \sum_{n=1}^8 \sum_{p=1}^3 u_1(p, t) \phi(p, t) \psi(n, N, t) v(t) \quad (4)$$

де:  $t$  – час;  $k$  – часовий інтервал;  $h$  – кількість точок на часовому інтервалі.

Струми  $p$ -х фаз мережі визначаємо як

$$u_d(t) = \frac{1}{k_T} \sum_{n=1}^8 \sum_{p=1}^3 u_1(p, t) \phi(p, t) \psi(n, N, t) v(t) \quad (5)$$

Діаграма струму навантаження в координатах вихідної напруги перетворювача, діаграми вхідних струмів  $p$ -х фаз енергетичної мережі в координатах фазних напруг, побудовані за (2), (4) та (5) для восьмишазного регулювання, представлені на рисунку 2.

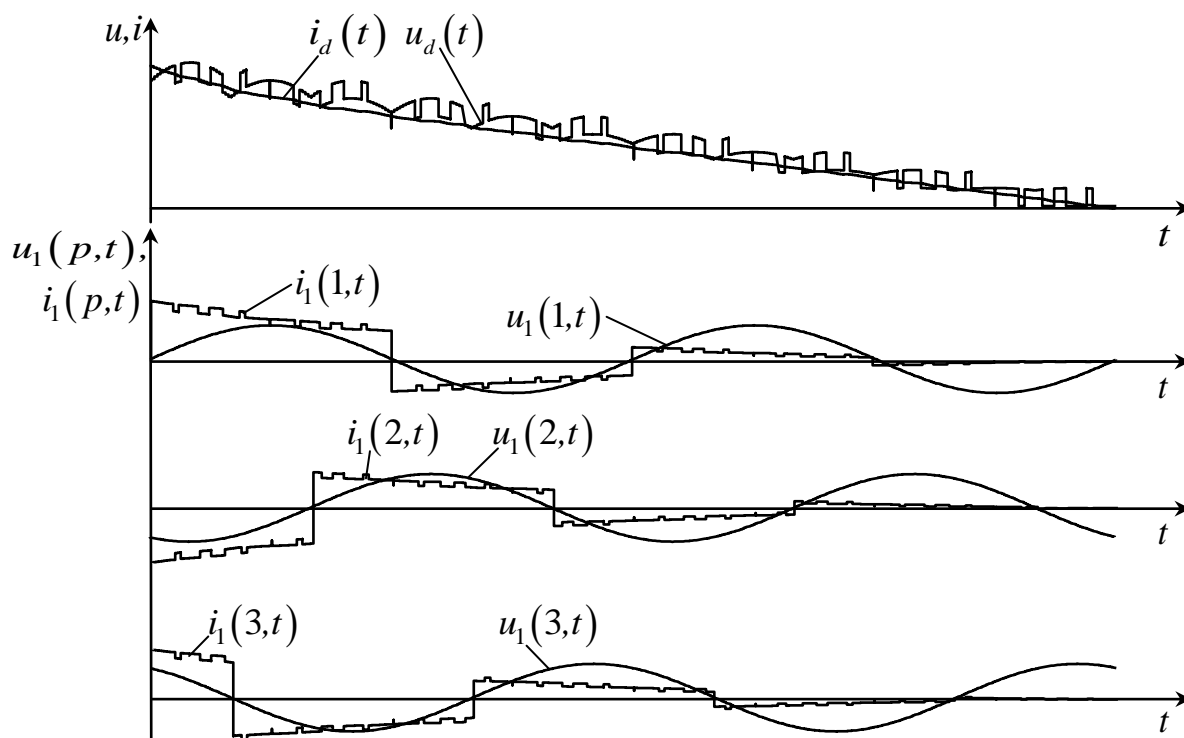


Рисунок 2. – Діаграма струму навантаження в координатах вихідної напруги перетворювача, діаграми вхідних струмів та напруг НПП

**Висновки:** Розвинуто метод багатопараметричних модулюючих функцій в частині вдосконалення алгоритмічних рівнянь відносно функцій з системними дискретними параметрами напівпровідникових комутаторів. Аналіз електромагнітних процесів у НПП дозволяє проведення моделювання у декілька етапів з різними початковими припущеннями, розглядаючи НПП. У данній моделі розглядався перший етап, на якому не враховувались втрати в ключових елементах. Це необхідно для спрощення розрахунків і швидкої оцінки впливу параметрів навантаження на характеристики регульованих вихідних напруг.

#### Перелік посилань

1. Резцов В.Ф., Павлов В.Б., Юрченко О.М. Аналіз системи тягового електропривода електромобіля з урахуванням нелінійних елементів // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – 2003. – № 1 (4) – с. 73-78.
2. Макаренко М.П. Напівпровідникові перетворювачі електромеханічних комплексів з покращеною електромагнітною сумісністю / М.П. Макаренко, В.В. Михайленко, А.А. Щерба, М.М. Юрченко // Вестник НТУ "Харьковский политехнический институт". "Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика". – 2003.– Вып. 13. – Т. 2 – С. 213–214.